

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平7-73433

(43) 公開日 平成7年(1995)3月17日

(51) Int.Cl. <sup>8</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 1 1 B	5/66	9196-5D		
	5/02	A 7426-5D		
	5/39			
	5/85	C 7303-5D		

審査請求 未請求 請求項の数21 O L (全 12 頁)

(21) 出願番号	特願平5-221227	(71) 出願人	000005108 株式会社日立製作所 東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地
(22) 出願日	平成5年(1993)9月6日	(72) 発明者	石川 晃 東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地 株式会社日立製作所中央研究所内
		(72) 発明者	城石 芳博 東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地 株式会社日立製作所中央研究所内
		(72) 発明者	細江 譲 東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地 株式会社日立製作所中央研究所内
		(74) 代理人	弁理士 平木 祐輔

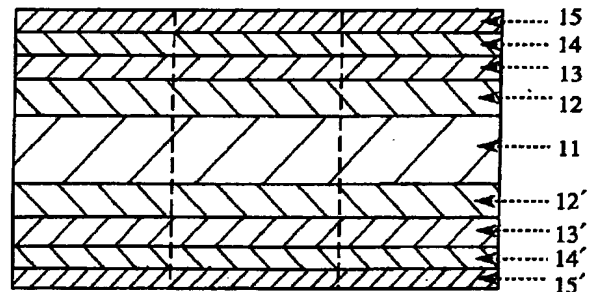
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 磁気記録媒体及びその製造方法並びに磁気記録装置

(57) 【要約】

【目的】 ヘッド低浮上が可能で、高密度記録が可能な磁気記録媒体及びその製造方法並びに磁気記録装置を提供する。

【構成】 非磁性ディスク基板11と、該非磁性ディスク基板11上に直接もしくは少なくとも一層の下地膜13を介して形成された磁性膜14を少なくとも有する磁気記録媒体において、ヘッド走行方向に測定した磁性膜14の残留磁束密度 $B_r$ と磁性膜の総膜厚 $\delta$ との積 $B_r \delta$ の値を $5 \text{ G} \mu\text{m}$ 以上、 $80 \text{ G} \mu\text{m}$ 未満とし、かつ、異方性磁界 $H_k$ の値を $7 \text{ kOe}$ 以上、 $20 \text{ kOe}$ 以下とする。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 非磁性ディスク基板と、該非磁性ディスク基板上に直接もしくは少なくとも一層の下地膜を介して形成された磁性膜を少なくとも一層有する磁気記録媒体において、ヘッド走行方向に測定した磁性膜の残留磁化 $B_r$ と磁性膜の総膜厚 $\delta$ との積 $B_r \delta$ の値が $5 \text{ G} \mu\text{m}$ 以上、 $80 \text{ G} \mu\text{m}$ 未満であり、かつ、上記媒体の異方性磁界 $H_k$ の値が $7 \text{ kOe}$ 以上、 $20 \text{ kOe}$ 以下であることを特徴とする磁気記録媒体。

【請求項2】  $B_r \delta$ の値が $5 \text{ G} \mu\text{m}$ 以上、 $30 \text{ G} \mu\text{m}$ 以下であることを特徴とする請求項1記載の磁気記録媒体。

【請求項3】 保磁力が $10000 \text{ Oe}$ 以上、 $35000 \text{ Oe}$ 以下であることを特徴とする請求項1又は2記載の磁気記録媒体。

【請求項4】 磁性膜結晶の粒界の幅が $0.5 \text{ nm}$ 以上、 $5 \text{ nm}$ 以下であることを特徴とする請求項1、2又は3記載の磁気記録媒体。

【請求項5】 磁性膜は実質的に六方晶型結晶構造を有し、該磁性膜の $c$ 軸が実質的に基板面内方向に配向しており、六方晶型の格子定数の $a$ 及び $c$ の長さの比 $c/a$ の値が $1.3$ 以上、 $1.6$ 以下であることを特徴とする請求項1～4のいずれか1項記載の磁気記録媒体。

【請求項6】 磁性膜は実質的に六方晶型結晶構造を有し、該磁性膜結晶中に存在する面心立方格子を形成する積層欠陥の密度が $5\%$ 以下であることを特徴とする請求項1～5のいずれか1項記載の磁気記録媒体。

【請求項7】 磁性膜及び／又は下地膜中に、 $\text{Ar}$ 、 $\text{Xe}$ 、 $\text{Kr}$ の少なくとも一つの元素が $0.01\%$ 以上、 $5\%$ 以下の原子濃度で存在することを特徴とする請求項1～6のいずれか1項記載の磁気記録媒体。

【請求項8】  $\text{Cr}$ 、 $\text{Mo}$ 、 $\text{W}$ 、 $\text{V}$ 、 $\text{Ta}$ 、 $\text{Nb}$ 、 $\text{Zr}$ 、 $\text{Ti}$ 、 $\text{B}$ 、 $\text{Be}$ 、 $\text{C}$ 、 $\text{Ni-P}$ 、 $\text{Ni-B}$ の少なくとも一つを主たる成分とする膜厚 $0.5 \text{ nm}$ 以上、 $5 \text{ nm}$ 以下の非磁性中間層を介して、磁性膜が2層以上に多層化されていることを特徴とする請求項1～7のいずれか1項記載の磁気記録媒体。

【請求項9】 磁性膜表面のヘッド走行方向と垂直の方向に測定した中心線平均粗さが $0.3 \text{ nm}$ 以上、 $1.9 \text{ nm}$ 以下であることを特徴とする請求項1～8のいずれか1項記載の磁気記録媒体。

【請求項10】 磁性膜上に保護膜を有し、かつ該保護膜が磁性膜表面に比べて大きな面粗さを有することを特徴とする請求項1～9のいずれか1項記載の磁気記録媒体。

【請求項11】 保護膜表面のヘッド走行方向と垂直の方向に測定した中心線平均粗さ $R_a$ が $0.3 \text{ nm}$ 以上、 $3 \text{ nm}$ 以下であることを特徴とする請求項10記載の磁気記録媒体。

【請求項12】 非磁性ディスク基板と磁性膜との間に

$\text{Cr}$ 、 $\text{Mo}$ 、 $\text{W}$ 、 $\text{Nb}$ 又は $\text{Ta}$ を主たる成分とし、 $\text{Ti}$ 、 $\text{Pt}$ 、 $\text{Pd}$ 、 $\text{Si}$ 、 $\text{Fe}$ 、 $\text{V}$ 、 $\text{Ru}$ 、 $\text{P}$ 又は $\text{B}$ のいずれか少なくとも1種の元素を添加した合金下地膜が磁性膜に隣接して形成され、その膜厚が $5 \text{ nm}$ 以上、 $500 \text{ nm}$ 以下であることを特徴とする請求項1～11のいずれか1項記載の磁気記録媒体。

【請求項13】 前記下地膜が少なくとも2層の非磁性膜で構成され、基板側下地膜が $\text{Zr}$ 、 $\text{Si}$ 、 $\text{Ti}$ 、 $\text{Sc}$ 、 $\text{Al}$ 、 $\text{C}$ 、 $\text{Ge}$ 、 $\text{Sb}$ 、 $\text{Ga}$ 、 $\text{Ru}$ 、 $\text{Pd}$ 、 $\text{V}$ 、 $\text{Nb}$ 、 $\text{Ta}$ 、 $\text{Hf}$ 、 $\text{Rh}$ 、 $\text{Ni-P}$ 又は $\text{Ni-B}$ 、もしくはこれらを主たる成分とする合金であることを特徴とする請求項1～12のいずれか1項記載の磁気記録媒体。

【請求項14】 磁性膜が $\text{Co-Cr-Ta}$ 系、 $\text{Co-Cr-Ni}$ 系又は $\text{Co-Cr-Pt}$ 系の合金を主成分とすることを特徴とする請求項1～13のいずれか1項記載の磁気記録媒体。

【請求項15】 基板が $\text{Al-Mg}$ 合金、化学強化ガラス、有機樹脂、 $\text{Ti}$ 、 $\text{Si}$ 、カーボン、又は $\text{TiO}_2$ 、 $\text{SiC}$ 等のセラミックスからなることを特徴とする請求項1～14のいずれか1項記載の磁気記録媒体。

【請求項16】 非磁性ディスク基板上にスパッタリング法によって磁性膜を形成する工程を含む請求項1～15のいずれか1項記載の磁気記録媒体の製造方法において、

前記工程において非磁性ディスク基板に負のバイアス電圧を $10 \text{ V}$ 以上、 $500 \text{ V}$ 以下印加することを特徴とする請求項1～15のいずれか1項記載の磁気記録媒体の製造方法

【請求項17】 非磁性ディスク基板上にスパッタリング法によって非磁性材料からなる下地膜を形成する第1の工程、前記工程で形成された下地膜の上にスパッタリング法によって磁性膜を形成する第2の工程を含む請求項1～15のいずれか1項記載の磁気記録媒体の製造方法において、

前記第1の工程及び第2の工程において非磁性ディスク基板に負のバイアス電圧を $10 \text{ V}$ 以上、 $500 \text{ V}$ 以下印加することを特徴とする請求項1～15のいずれか1項記載の磁気記録媒体の製造方法

【請求項18】 磁気記録媒体と、磁気記録媒体駆動手段と、巨大磁気抵抗効果素子を再生手段を有する磁気ヘッドと、磁気ヘッド駆動手段と、記録再生信号処理手段を有する磁気記録装置において、磁気ヘッドの浮上量が $0.1 \mu\text{m}$ 以下であり、ヘッド走行方向に測定した磁気記録媒体中の磁性膜の残留磁化 $B_r$ と総膜厚 $\delta$ との積 $B_r \delta$ の値が $5 \text{ G} \mu\text{m}$ 以上、 $80 \text{ G} \mu\text{m}$ 以下であり、かつ、上記媒体の異方性磁界 $H_k$ の値が $7 \text{ kOe}$ 以上、 $20 \text{ kOe}$ 以下であることを特徴とする磁気記録装置。

【請求項19】 磁気記録媒体の線記録密度が $150 \text{ kBPI}$ 以上であることを特徴とする請求項18記載の磁気記録装置。

【請求項20】 磁気記録媒体の記録トラック密度が10kTPI以上であることを特徴とする請求項18記載の磁気記録装置。

【請求項21】 請求項1～15のいずれか1項記載の磁気記録媒体と、磁気記録媒体駆動手段と、磁気記録再生部を有する磁気ヘッドと、磁気ヘッド駆動手段と、記録再生信号処理手段とを含む磁気記録装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は磁気ドラム、磁気テープ、磁気ディスク、磁気カード等の磁気記録媒体及び磁気記録装置に係り、特に高密度磁気記録に好適な薄膜媒体及びこれを用いた小型大容量磁気記録装置に関する。

【0002】

【従来の技術】 近年、電子計算機等の情報処理装置の小型化・高速化に伴い、磁気ディスク装置その他の外部記憶装置の大容量化・高速アクセス化に対する要求が高まっている。特に、磁気ディスク記録装置は高密度化・高速化に適した情報記憶装置であり、その需要が一段と強まりつつある。

【0003】 磁気ディスク装置に用いられる記録媒体としては、酸化物磁性体の粉末を基板上に塗布した媒体と、金属磁性体の薄膜を基板上にスパッタ蒸着した薄膜媒体が開発されている。この中で薄膜媒体は、塗布型の媒体に比べて磁気記録層に含まれる磁性体の密度が高いため、高密度の記録再生に適している。薄膜媒体の基板にはAl-Mg合金、化学強化ガラス、有機樹脂、セラミックス等が用いられ、さらに基板表面にはヘッド粘着防止あるいは磁気特性向上の目的で中心線平均粗さ（以後、Raと略記する）が2～10nm程の溝や突起が形成される。

【0004】 また、磁気ヘッドの再生部に巨大磁気抵抗効果型（以後、GMRと略記する）素子を用いることにより、ヘッドの再生感度を従来の誘導型磁気ヘッドに比べて向上した記録再生分離型ヘッド（以後、GMRヘッドと略記する）が開発されている。GMRヘッドを用いれば記録ビットの面積が小さくても充分な信号S/Nが得られるので、媒体の記録密度を飛躍的に向上することができる。

【0005】 磁性膜には主に、飽和磁束密度（Bs）の高いCo合金スパッタ膜が用いられる。Co合金は六方最密充填型（hexagonal close packed；hcp）の結晶構造を有し、磁化容易軸は結晶のc軸である。従って、面内記録方式ではc軸が基板面と平行となるよう結晶を配向成長させる必要がある。このため、下地膜として体心立方構造（body centered cubic；bcc）のCr、あるいはCr-Ti、Cr-V等の合金膜を用い、この上にCo合金薄膜をエピタキシャル成長させる技術が用いられる。

【0006】 従来の磁性膜の磁気特性は、例えば、雑誌

「アイ・イー・イー・イー トランサクション オン マグネティクス」第29巻（1993年）、307頁に記載されるように、ヘッド走行方向に測定した磁性膜の残留磁化量（以後、Brと略記する）と磁性膜の総膜厚（ $\delta$ ）の積（ $Br\delta$ ）は80～180G $\mu$ m程度、ヘッド走行方向に測定した保磁力（Hc）は1600～2100Oe程度である。

【0007】 また、雑誌「アイ・イー・イー・イー トランサクション オン マグネティクス」第29巻（1993年）、292頁には、透過電子顕微鏡により磁性膜の結晶格子を観察することにより、結晶粒界、c軸の配向性、面心立方格子型（facecentered cubic；fcc）結晶構造を有する異相の存在、及び積層欠陥の密度等を解析した結果が記載されている。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】 今後、記録密度をさらに向上するには、再生感度の高いGMRヘッドの開発、及びGMRヘッドに適応した磁気特性を有し、かつヘッドの浮上量を低減すべく表面を従来より平滑化した記録媒体の開発が必須である。従来技術による記録媒体とGMRヘッドを用いて記録再生実験を行ったところ、 $Br\delta$ が80G $\mu$ m以上あり、GMRヘッドで再生すると出力とともにノイズが大幅に増加し、高いS/Nを得ることができなかった。また、 $Br\delta$ が大きい場合にGMRヘッドの出力が飽和し、再生信号波形が正側と負側で非対称となり、信号の弁別が困難になる問題があった。また、媒体の $Br\delta$ が大きいとGMR膜の磁化が過度に回転して不安定化するため、ヘッドよりバルクハウゼンノイズが発生して記録ビットエラーを発生する問題があった。

【0009】 このような問題を解決するには媒体の $Br\delta$ を80G $\mu$ m未満に低減することが有効である。そのためには、磁性膜の膜厚 $\delta$ 、あるいは残留磁束密度Brを減少する必要がある。ところが、いずれの方法によっても $Br\delta$ を上記値とすると、媒体の保磁力Hcが従来の媒体に比べ著しく低下し、1000Oe未満となった。このようにHcが低下すると、線記録密度が100kTPI以上と高記録密度の領域ではヘッド出力が著しく低下するため、エラーを発生するという問題があった。

【0010】 また、上記従来技術による媒体では、媒体ノイズの低減には磁性膜の粒子間相互作用の低下が有効との考えから、磁性膜結晶粒の孤立化の手法が提案されてきた。しかし、この方法では保磁力角形比（ $S^*$ ）の低下に伴う高記録密度での出力低下や、磁性膜の耐食性が低下する問題があった。また、媒体からの磁束を有効にGMRヘッドで検出するためには、ヘッドの浮上量を0.1 $\mu$ m以下とする必要がある。しかし、従来の媒体ではヘッド粘着防止あるいは磁気特性向上の目的で、基板表面にRaが2nm以上のテクスチャーが形成されて

おり、浮上量を下げるとテクスチャーの突起部とヘッドが接触しやすく、浮上量を0.1  $\mu\text{m}$ 以下に低減できないという問題がある。従って、ヘッドが安定に浮上できるように、従来より表面が平滑な媒体を形成する必要がある。

【0011】以上の課題及び状況を鑑み、本発明の第1の目的は、再生感度の高いGMRヘッドに適応した、高S/Nが得られる記録媒体を提供することである。すなわち、GMRヘッドの浮上量0.1  $\mu\text{m}$ 以下において線記録密度150k BPI以上、トラック密度10k TPI以上での記録再生（面記録密度で1.5 Gb/in<sup>2</sup>以上に対応）時のS/Nの値が1以上の磁気記録媒体を提供することである。本発明の第2の目的はこのような媒体を再現性良く製造する方法を提供することであり、第3の目的は、このような媒体を用いた大容量で信頼性の高い磁気記録装置を提供することである。

#### 【0012】

【課題を解決するための手段】GMRヘッドを用いる場合には、媒体としてヘッドの走行方向に測定した磁性膜の残留磁化量と磁性膜の総膜厚の積（ $Br\delta$ ）を減少し、かつ、磁性膜の異方性磁界（ $H_k$ ）を増加することにより、磁化遷移部の反磁界の影響を低減することが重要である。

【0013】本発明者らは媒体の磁気特性と、GMRヘッドによる記録再生特性について鋭意研究を重ねた結果、上記目的を達成するためには、媒体の磁性膜のヘッド走行方向に測定した残留磁化 $Br$ と磁性膜総膜厚 $\delta$ との積 $Br\delta$ を5 G $\mu\text{m}$ 以上、80 G $\mu\text{m}$ 未満とし、かつ、上記媒体の異方性磁界 $H_k$ の値が7 kOe以上、20 kOe以下とすることが有効であることを見出した。特に、150 k BPI以上の線記録密度において媒体ノイズをさらに低減し、S/Nを向上するためには、上記 $Br\delta$ の値を5 G $\mu\text{m}$ 以上、30 G $\mu\text{m}$ 以下とすることが好ましい。

【0014】上記 $H_k$ の値はトルクメーターを用いて以下に述べる方法により測定することができる。すなわち、磁性膜試料の基板面内に磁界を印加しながら、試料を基板面で360度往復回転し、得られたトルク曲線の内側の面積を求める。この面積は回転履歴損失 $W_r$ と呼ばれる。この $W_r$ を印加磁界の逆数に対してプロットし、高磁界側で $W_r$ が0となる磁界が $H_k$ である。

【0015】上記磁気記録媒体において、総磁性膜厚 $\delta$ を5 nm、30 nm以下とし、保磁力を1000 Oe以上、3500 Oe以下とすると、磁化遷移領域の磁化の乱れが低減して磁化遷移領域の幅が減少し、高記録密度領域においても高い出力が得られる。磁性膜結晶の粒界の幅が0.5 nm以上、5 nm以下であると $H_c$ が向上し、ノイズが低減する。

【0016】上記磁気記録媒体において、磁性膜が六方晶型の結晶構造を有し、そのc軸が実質的に基板面内方

向に配向しており、さらに、六方晶型の格子定数のa及びcの長さの比 $c/a$ の値を1.3以上、1.6以下とすると異方性磁界が向上する。ここで、c及びaの値は磁性膜のX線回折分析法、電子線回折分析法、又は透過電子顕微鏡観察法により求められ、X線回折分析においては必要に応じて試料面を入射X線に対して傾斜させることが必要である。

【0017】上記磁気記録媒体において、六方晶構造を有する磁性膜結晶中の面心立方格子（fcc）を形成する積層欠陥の密度を5%以下とすると異方性磁界が向上する。上記磁性膜の結晶粒界の幅、あるいは積層欠陥の密度は高分解能の透過電子顕微鏡により100個程度の磁性膜結晶粒の格子像を直接観察し、平均化することにより求めることができる。

【0018】上記磁気記録媒体において、磁性膜中の酸素、炭素、窒素の合計濃度を1原子%以下とすると異方性磁界がより向上する。ここで、磁性膜中の酸素、炭素、窒素の合計濃度は蛍光X線分析法や、Csイオンとの分析元素とのクラスターイオンを用いた二次イオン質量分析法により求めることができる。本明細書で示した磁気記録媒体の作製に当たっては、成膜真空槽の排気速度や膜の成長速度を増したり、非磁性下地膜及び磁性膜形成時に、基板に負のバイアス電圧を10 V以上、50 V以下印加すると、膜の結晶性が向上し、異方性磁界が向上する。交流バイアスでも直流成分を含んでいれば同様の効果が得られる。

【0019】上記バイアス電圧の印加や、イオン打ち込み法などにより、磁性膜及び下地膜中に、Ar、Xe、Krの少なくとも一つの元素を0.1%以上、5%以下の原子濃度で存在せしめると、膜面内に圧縮応力が増して異方性磁界や保磁力が向上する。特に原子半径の大きいXeあるいはKrを混入すると、膜面内の圧縮応力を大幅に向上でき、異方性磁界や保磁力を向上できる。

【0020】また、上記磁気記録媒体において、磁性膜がCoを主たる成分とし、これにNi、Cr、Mo、W、Zr、Ta、Nb、Al、Si、Pt、B、あるいはPのいずれか少なくとも1種の元素を添加すると、高い $H_c$ が得られる。特に、磁性膜がCoを主たる成分とし、Crを磁性膜中に15原子%以上、22原子%以下の濃度で添加すると、媒体のノイズが著しく低減する。

【0021】媒体成膜時の基板温度を200℃以上、500℃以下とすると、磁性膜中の偏析構造が促進されて $H_c$ が向上する。成膜後に媒体を200℃以上の温度で熱処理すると偏析などが促進され、さらに保磁力が高く、またノイズも低くなる。ただし、熱処理温度としては600℃よりも高くすると粒径が肥大化し、ノイズが増加するので、熱処理は600℃以下で行うことが望ましい。

【0022】Cr、Mo、W、V、Ta、Nb、Zr、Ti、B、Be、C、Ni-P、Ni-Bの少なくとも

一つを主たる成分とする膜厚0.5nm以上、5nm以下の非磁性中間層により、磁性膜を2層以上に多層化すると媒体ノイズが著しく低減する。磁性膜表面のヘッド走行方向と垂直の方向に測定した中心線平均粗さRaを0.3nm以上、1.9nm以下とすると、ヘッド浮上量が0.1μm以下でも安定に浮上できる。また、上記磁気記録媒体が磁性膜上に保護膜を有し、保護膜表面のヘッド走行方向と垂直の方向に測定した中心線平均粗さRaを0.3nm以上、3nm以下とすると、ヘッド浮上量が0.1μm以下でも安定に浮上できる。

【0023】非磁性ディスク基板と磁性膜との間にCr、Mo、W、Nb、あるいはTaを主たる成分とし、Ti、Pt、Pd、Si、Fe、V、Ru、P、Bのいずれか少なくとも1種の元素を添加した合金下地膜を磁性膜に隣接して形成し、その膜厚を5nm以上、500nm以下とすると磁性層の配向性が向上し異方性磁界が向上するとともに、媒体ノイズが低下する。さらに、前記下地層を少なくとも2層の非磁性層で構成し、基板側下地層をZr、Si、Ti、Sc、Al、C、Ge、Sb、Ga、Ru、Pd、V、Nb、Ta、Hf、Rh、Ni-P、Ni-Bもしくはこれらを主たる成分とする合金とすると、化学強化ガラス、有機樹脂、Ti、Si、カーボン、あるいはTiO<sub>2</sub>、SiC等のセラミック材料からなる基板を用いたときでも異方性磁界が向上するとともに、高いBrや保磁力が得られる。

【0024】磁性層としてはCo、Fe、Niもしくはこれらを主たる成分とする合金が望ましく、特にCo-Ni、Co-Cr、Co-Fe、Co-Mo、Co-W、Co-Re等の合金を主たる成分とし、六方晶結晶構造の(110)結晶格子面が基板と略平行となるよう結晶を配向成長させるとHcが向上するので望ましい。また、優れた耐食性を求める場合には磁性膜を構成する磁性体としてCo-Ni-Zr、Co-Cr-Ta、Co-Ni-Cr、Co-Cr-Ptを主たる成分とする合金を用いることが望ましい。

【0025】磁性膜の保護層としてカーボン、水素添加カーボン、もしくはカーボンを主たる成分とする非磁性材料を膜厚10~50nm形成し、さらに吸着性のパーフルオロアルキルポリエーテル等の潤滑層を膜厚3~20nm設けることにより信頼性が高く、高密度記録が可能な磁気記録媒体が得られる。保護層にはWC、(W-Mo)-C等の炭化物、(Zr-Nb)-N、Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>等の窒化物、SiO<sub>2</sub>、ZrO<sub>2</sub>等の酸化物、あるいはB、B<sub>4</sub>C、MoS<sub>2</sub>、Rh等を用いると耐摺動性、耐食性を向上できるので好ましい。これらの保護膜はマスクを用いて表面をエッチングし、面積比で1~20%の突起を設けるか、成膜条件、組成等を調整し、異相突起を析出せしめることで、保護膜が磁性膜表面に比べて大きな面粗さを有することがより好ましい。

【0026】また、媒体表面のRaを従来より小さい値

とした場合に、CSS動作時のヘッドの粘着を抑制するには、磁性膜上に保護膜を形成した後に微細マスクを用いてプラズマエッチングすることで表面に高さ20nm以下の微細な凹凸を形成したり、化合物、混合物のターゲットを用いて保護膜表面に微細な突起が生じるように形成したり、あるいは熱処理によって表面に微細な凹凸を形成すると、CSS動作時にヘッドと媒体の摩擦力が低減でき、ヘッドが媒体に粘着する問題が回避される。

【0027】本磁気記録媒体とトラック幅が2μm以下のGMRヘッドとを組合せることにより、大容量で高信頼性の磁気記録装置を提供することができる。また、最尤復号法による信号処理回路とを組み合わせるとさらに記録密度を向上することができる。

【0028】

【作用】媒体の残留磁化Brと膜厚δの積Brδが過度に大きいとGMR膜の磁化回転が不安定となり、ヘッドよりバルクハウゼンノイズが発生する。また、Brδが増すと記録ビットの遷移領域において反磁界Hdが増して磁化の揺らぎが大きくなるため、再生感度が高いGMRヘッドを用いた場合に媒体ノイズNdが著しく大きくなる。また、GMRヘッドは再生感度が高いためBrδが80Gμm以上では再生出力が飽和して出力信号の波形が非対称となる。一方、Brδが5Gμm未満では再生出力が小さく、媒体ノイズの大きさと同程度となるため高い信号S/Nが得られない。従って、使用するGMRヘッドの再生感度に適合して媒体のBrδを5Gμm以上、80Gμm未満の範囲に制御することで高いS/Nを得ることができる。

【0029】Brδを5Gμm以上、30Gμm以下の範囲に制御することにより記録ビットにおける磁化の揺らぎを低減することができ、150kBPI以上の高い線記録密度で媒体ノイズを著しく低減することができる。また、150kBPI以上の高い線記録密度では記録ビットの長さが短くなり、磁化遷移部のジグザグした形状がビット長さと同程度となる。また、磁化遷移部間の相互作用も現われ、記録ビットの形状は従来の低記録密度時のような理想的な長方形ではなく、不規則な形状となりやすい。このような場合にも高い出力を得るためには媒体の磁性膜の異方性磁界Hkの値を7kOe以上、20kOeと従来より高くし、磁化遷移部の反磁界の影響を低減することが有効である。

【0030】また、Hcを1000Oe以上とするためにはδを5nm以上、30nm以下の値とする必要がある。Hcを1000Oe以上とすると磁化遷移領域の幅が減少して出力半減記録密度D<sub>50</sub>が向上するため、高線記録密度時にも高い出力が得られ、同時に媒体ノイズNdが減少するため再生信号のS/Nが向上する。また、Hcを3500Oeよりも高くするとオーバーライト特性が20dB以下となるので、Hcを3500Oe以下とすることが好ましい。媒体の総磁性膜厚δを5nm以

下とすると、 $\delta$ が減少するに従い磁性膜の結晶粒径が小さくなり、磁化の温度ゆらぎの効果等により保磁力 $H_c$ は低下する。磁性膜厚 $\delta$ を30nm以上とすると磁性膜が垂直方向に磁化しやすくなるため $H_c$ が低下するので好ましくない。

【0031】磁性膜結晶の粒界の幅を0.5nm以上、5nm以下とすると磁気クラスター間の磁気的な相互作用が低減し、 $H_c$ が向上するとともに媒体ノイズが低減する。六方晶型結晶構造を有する磁性膜の $c$ 軸を実質的に基板面内方向に配向し、さらに、磁性膜結晶に基板面内方向の圧縮歪を付与し、六方晶型の格子定数の $a$ 及び $c$ の長さの比 $c/a$ の値を1.3以上、1.6以下とすると、逆磁歪効果により $H_k$ や $H_c$ を従来より向上できる。

【0032】磁性膜結晶中の面心立方格子を形成する積層欠陥の密度を5%以下と低減すると、磁気異方性定数の大きい六方晶型結晶を、磁壁の幅程度の20~30nmの均一な大きさに制御できるので、 $H_k$ や $H_c$ が向上する。磁性膜中の酸素、炭素、窒素の合計濃度を1原子%以下とすると、磁性膜の六方晶型結晶格子の乱れや欠陥が低減するため磁気異方性定数が増し、 $H_k$ や $H_c$ が向上する。

【0033】このような高 $H_k$ 、高 $H_c$ 磁性膜を形成するためには、非磁性下地膜及び磁性膜形成時に、成膜室の排気速度を増して水蒸気等の不純物ガス濃度を低減し、成膜速度を増すとともに、基板に実質的に負のバイアス電圧を10V以上、500V以下印加することが有効である。特に、-200V以上の電圧を印加することにより所望の磁気特性の磁性膜を形成することが可能である。これは、成膜室中の不純物ガス濃度の低減、成膜速度の増加、バイアス電圧の印加により、基板や下地膜表面の汚染層除去、酸素や窒素等の不純物の除去、蒸着粒子の基板表面拡散の促進による結晶格子の欠陥や乱れの低減、結晶粒界への非磁性元素の偏析による結晶粒界の発達によるためである。

【0034】また、高 $H_k$ 、高 $H_c$ 磁性膜を形成するためには、下地膜の結晶格子の大きさを磁性膜の結晶格子の大きさと整合させ、結晶格子の欠陥や乱れを低減することが重要である。このためには、Cr、Mo、W、Nb、あるいはTaを主たる成分とする下地層に、Ti、Pt、Pd、Si、Fe、V、Ru、P、Bのいずれか少なくとも1種の元素を添加することが有効である。また、磁性膜と同様に、下地膜の結晶格子の欠陥や乱れを低減することも重要であり、そのためには前記下地層を少なくとも2層の非磁性層で構成し、基板側下地層をZr、Si、Ti、Sc、Al、C、Ge、Sb、Ga、Ru、Pd、V、Nb、Ta、Hf、Rh、Ni-P、Ni-Bもしくはこれらを主たる成分とする合金とすることで、基板材料に起因する結晶配向性の乱れや、不純物の拡散を抑制できる。

【0035】また、媒体からの磁束を有効にGMRヘッドで検出するためには、ヘッドの浮上量を減少することが有効である。ここで、ヘッド走行方向と垂直の方向に測定した媒体保護膜表面の中心線平均粗さ $R_a$ を0.3nm以上、3nm以下とすると浮上量が0.1 $\mu$ m以下でもヘッドが安定に浮上する。また、磁性膜表面の、ヘッド走行方向と垂直の方向に測定した中心線平均粗さ $R_a$ を0.3nm以上、1.9nm以下とすると浮上量が0.1 $\mu$ m以下においてもヘッドが安定に浮上する。

【0036】磁性膜上に保護膜を形成した後に微細マスクを用いてプラズマエッチングすることで表面に高さ20nm以下の微細な凹凸を形成したり、化合物、混合物のターゲットを用いて保護膜表面に微細な突起を生じせしめたり、あるいは熱処理によって表面に微細な凹凸を形成すると、ヘッドと媒体と接触面積、摩擦力が低減するため、ヘッドが媒体に粘着する問題が回避されるので、上記処理等により保護膜を磁性膜表面と異なる面粗さを有するようにすることが特に好ましい。本発明による媒体はS/Nが極めて高いため、トラック幅が2 $\mu$ m以下のGMRヘッドで再生した場合に、トラック密度10kTPI以上、150kBPI以上の高い記録密度においてS/Nが1以上の大容量磁気記録装置が得られる。

#### 【0037】

【実施例】以下、実施例により本発明をさらに詳細に説明する。図1は、本発明に係る薄膜媒体の断面構造を模式的に示したものである。同図において、符号11はAl-Mg合金、化学強化ガラス、有機樹脂、Ti、Si、カーボン、あるいはTiO<sub>2</sub>、SiC等のセラミックス等からなる基板、12及び12'は基板11の両面に形成したNi-P、Ni-W-P等からなる非磁性メッキ層である。Al-Mg合金を基板として用いた場合にはこのようなメッキ層を備えたものを基板として用いることが好ましいが、その他の基板については12及び12'はなくてもよい。13及び13'はCr、Mo、W、V、Ta、Nb、Zr、Ti、B、Be、C、Ni-P、Ni-Bのいずれかを主な成分とする合金からなる金属下地膜、14及び14'は当該下地膜の上に形成したCo-Ni、Co-Cr、Co-Fe、Co-Mo、Co-W、Co-Pt、Co-Re、Co-P、Co-Ni-Pt、Co-Cr-Ta、Co-Cr-Pt、Co-Ni-Cr、Co-Cr-Al、Co-Cr-Nb、Co-Ni-P、あるいはCo-Cr-Si等からなる金属磁性層、15及び15'は当該磁性膜の上に形成したカーボン、WC、(W-Mo)-C、(W-Zr)-C、SiC、(Zr-Nb)-N、Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>、SiO<sub>2</sub>、ZrO<sub>2</sub>、ボロン、B<sub>4</sub>C、MoS<sub>2</sub>、あるいはRh等からなる非磁性保護膜をそれぞれ示す。

【0038】〔実施例1〕外径95mm、内径25mm

m、厚さ0.8mmのAl-4Mg（原子記号の前に付した数字は当該素材の含有量を示す。含有量の単位は重量%）からなるディスク基板の両面にNi-12P（重量%）からなるメッキ層を膜厚13 $\mu$ m形成した。この非磁性基板の表面を、ラッピングマシンを用いて中心線平均粗さRaが0.3nmとなるまで平滑に研磨し、洗浄及び乾燥した。その後、テープポリッシングマシンを用い、平均砥粒径0.5 $\mu$ m以下の研磨剤の存在下で、研磨テープをコンタクトロールを通してディスク基板11を回転させながらディスク面の両側に押しつけることにより、基板表面にヘッド走行方向に深さや密度が不規則なテクスチャー溝を形成した。さらに、基板に付着した研磨剤等の汚れを洗浄して乾燥した。半径方向に測定した基板表面の溝の中心線平均粗さRaは0.7nm、ヘッド走行方向と略垂直方向の距離1 $\mu$ mにおける、深さ1nm以上、50nm以下の溝の平均密度は20本であった。

【0039】このディスク基板24をスパッタリング装置内で、真空槽体積当りの水蒸気の排気速度200l/s以上の排気ポンプを用いて、2nTorrの真空度に保持し、基板を250℃に加熱した後0.5mTorrのアルゴン圧の条件のもとで膜厚50nmのCr下地膜23を形成した。この下地膜上にCo-17Cr-5Ta（原子%）合金系磁性膜22を膜厚5~30nm成膜した。その後、磁性膜上に膜厚20nmの水素含有カーボン保護膜21を形成した。さらに、保護膜表面に開口部のピッチ1 $\mu$ m以上、100 $\mu$ m以下の粒子化マスクを設置した。その後、マスクに覆われない部分の保護膜を酸素プラズマエッチングにより深さ1nm以上、20nm以下エッチングし、保護膜が磁性膜表面と比べて異なる面粗さを有するようにした。

【0040】その結果、図2に示すように、カーボン保護膜表面にピッチ1 $\mu$ m以上、100 $\mu$ m以下の凹凸25が形成された。当該保護膜上に吸着性のパーフルオロアルキルポリエーテル等の潤滑層を形成した。媒体の静磁気特性（Hc、Br、Hk）を最大印加磁界14kOeの振動式磁化測定機（VSM）、トルクメーターにより測定した。また、記録再生特性を、ヘッド浮上量0.06 $\mu$ m、実効ギャップ長0.4 $\mu$ m、トラック幅2 $\mu$ m、再生部にGMR素子を有する複合型薄膜磁気ヘッドを用いて線記録密度150kBPIにおいて記録再生S/Nの値を求めた。

【0041】上記媒体において、磁性膜の膜厚 $\delta$ を制御することにより、ヘッド走行方向に測定した媒体磁性膜の残留磁化Brと $\delta$ との積Br $\delta$ の値を5G $\mu$ m以上、79G $\mu$ m以下とし、さらに、成膜室の排気速度、下地膜及び磁性膜の成膜速度、及び成膜時の基板側の直流バイアス電圧を-10V~500Vの範囲で制御することにより、Hkを5kOeから30kOeまで変化させた媒体を作成した。

【0042】図3にHkと記録再生時のS/Nの関係を示す。Hkが7kOe以上、20kOe以下の範囲でS/Nを1以上にできることが確認できた。この時のヘッド走行方向に測定した保磁力Hcは1000Oe以上、3500Oe以下であった。上記方法により形成された磁気記録媒体をX線回折分析した結果、Cr下地層では体心立方構造の（200）結晶格子面が基板面と略並行となるよう結晶が配向成長していることが確認された。また、磁性層では六方晶構造の（110）面がディスク基板表面と略並行となり、c軸がディスク基板表面と略並行となるよう配向していた。また、磁性膜中の酸素、炭素、窒素の合計濃度は1原子%以下であることが確認された。

【0043】また、基板のテクスチャー形成時の砥粒径や加工時間を制御することにより、保護膜表面の半径方向に測定した中心線平均粗さRaを0.3nm以上、3nm以下で、磁性膜表面の中心線平均粗さRaを0.3nm以上、1.9nm以下とした媒体を用いて、浮上量0.06 $\mu$ mにおいてMRヘッドを媒体内周から外周まで10万回シークした結果、ヘッドと媒体の接触は起こらないことが確認された。

【0044】以上の効果は磁性材料にCo-10Ni-10Cr（原子%）、Co-40Ni-5Zr（原子%）、Co-30Ni-10Pt（原子%）を用いた場合でも同様に認められた。また、下地膜を形成せずに基板上に磁性膜を直接形成した場合には、保磁力が下地膜を形成した場合に比べて100~200Oe低下したが、S/Nは1以上であることが確認された。また、磁性膜を、Cr、Mo、W、V、Ta、Nb、Zr、Ti、B、Be、C、Ni-P、及びNi-Bの一種からなる、膜厚0.5nm以上、5nm以下の非磁性中間層により二層化した場合には、媒体ノイズが単層の磁性膜の約2/3に低下し、S/Nの値はさらに向上した。

【0045】〔実施例2〕外径65mm、内径20mm、厚さ0.3mmのカナサイトガラス基板表面を、ラッピングマシンを用いて中心線平均粗さRaが0.3nmとなるまで平滑に研磨し、洗浄及び乾燥した。このディスク基板をスパッタリング装置内で、真空槽体積当りの水蒸気の排気速度400l/s以上の排気ポンプを用いて真空保持し、基板温度を400℃まで加熱した後、5mTorrのアルゴン圧の条件のもとで第1層下地膜としてTiを20nm形成し、次いで第2層下地膜としてはCr-15Ti（原子%）合金を膜厚50nm形成した。この複合下地膜上に膜厚10nmのCo-Cr-Pt-Si磁性膜を形成した。その際、基板側に13.56MHzの高周波バイアス電圧を300W印加した。この時、バイアス電圧の直流成分は-300V、Br $\delta$ の値は25G $\mu$ mであった。

【0046】磁性膜中のCr、Pt、Siの添加濃度を5原子%以上、20原子%以下の範囲で制御することに

より、高分解能透過電子顕微鏡により観察される磁性膜結晶の粒界の幅を、0.1nm以上、10nm以下の範囲で制御した。この時の $Br\delta$ の値は5G $\mu$ m以上、30G $\mu$ m以下、 $H_k$ の値は7kOe以上、20kOe以下であった。

【0047】図4に磁性膜結晶の粒界の幅と、保磁力 $H_c$ 、及びヘッド浮上量0.03 $\mu$ m、線記録密度200kPBIにおける記録再生 $S/N$ の値の関係を示す。粒界の幅が0.5nm以上、5nm以下において $H_c$ が10000e以上、35000e以下、 $S/N$ が1以上となり、良好な特性を示した。本実施例の方法により形成された磁気記録媒体をX線回折分析した結果、Cr下地層では体心立方構造の(110)結晶格子面が基板面と略並行となるよう結晶が配向成長していることが確認された。また、磁性層では六方晶構造の(100)面がディスク基板表面と略並行となるよう配向していた。また、保護膜表面の中心線平均粗さ $R_a$ は1.0nm、磁性膜表面の中心線平均粗さ $R_a$ は0.9nmであった。

【0048】本実施例の媒体を用いて、浮上量0.03 $\mu$ mにおいてGMRヘッドを媒体内周から外周まで10万回シークした結果、ヘッドと媒体の接触は起こらないことが確認された。本効果は第1層下地膜としてZr、Si、Sc、Al、C、Ge、Sb、Ga、Ru、Pd、V、Nb、Ta、Hf、Rh、Ni-P、Ni-Bもしくはこれらを主たる成分とする合金を用いた場合でも同様に認められた。

【0049】〔実施例3〕外径48mm、内径12mm、厚さ0.3mmのカーボン基板表面を、ラッピングマシンを用いて中心線平均粗さ $R_a$ が0.3nmとなるまで平滑に研磨し、洗浄及び乾燥した。その後、テープポリッシングマシンを用い、平均砥粒径1 $\mu$ m以下のダイヤモンド研磨剤の存在下で、研磨テープをコンタクトロールを通してディスク基板を回転させながらディスク面の両側に押しつけることにより、基板表面に深さや密度が不規則なテクスチャー溝を形成した。さらに、基板に付着した研磨剤等の汚れを洗浄して乾燥した。

【0050】半径方向に測定した基板表面の溝の中心線平均粗さ $R_a$ は0.5nm、ヘッド走行方向と略垂直方向の距離1 $\mu$ mにおける、深さ1nm以上、50nm以下の溝の平均密度は50本であった。このディスク基板をスパッタリング装置内で、真空槽体積当りの水蒸気の排気速度500l/s以上の排気ポンプを用いて真空保持し、基板温度を400℃まで加熱した後、1mTorrのアルゴン圧の条件のもとでCr-15Ti下地膜を10nm形成した。この下地膜上に膜厚5nmのCo-Cr-Pt-Ta磁性膜を形成した。この時の $Br\delta$ の値は10G $\mu$ mであった。

【0051】成膜時の直流バイアス電圧を-10V~-500Vの範囲で制御することにより、六方晶型結晶構造を有する磁性膜の格子定数 $a$ 及び $c$ の長さの比 $c/a$

の値、及び下地膜及び磁性膜中のAr濃度を变化させた。この時の $Br\delta$ の値は5G $\mu$ m以上、30G $\mu$ m以下、 $H_c$ は10000e以上、35000e以下であった。

【0052】図5に磁性膜の格子定数比 $c/a$ と、 $H_k$ 、及びヘッド浮上量0.03 $\mu$ m、線記録密度200kPBIにおける記録再生 $S/N$ の値の関係を示す。格子定数比 $c/a$ が1.3以上、1.6以下において、 $H_k$ の値は7kOe以上、20kOe以下となり、 $S/N$ は1以上と良好な特性を示した。また、下地膜及び磁性膜中のAr濃度が0.01原子%以上、5原子%以下の時に $H_k$ の値は8kOe以上、20kOe以下となり、 $S/N$ は1.2以上とさらに良好な特性を示した。

【0053】本実施例の方法により形成された磁気記録媒体をX線回折分析した結果、Cr下地層では体心立方構造の(100)結晶格子面が基板面と略並行となるよう結晶が配向成長していることが確認された。また、磁性層では六方晶構造の(110)面がディスク基板表面と略並行となるよう配向していた。保護膜表面の中心線平均粗さ $R_a$ は1.0nm、磁性膜表面の中心線平均粗さ $R_a$ は0.5nmであった。

【0054】本実施例の媒体を用いて、浮上量0.03 $\mu$ mにおいてGMRヘッドを媒体内周から外周まで10万回シークした結果、ヘッドと媒体の接触は起こらないことが確認された。本効果はCr、Mo、W、Nb、あるいはTaを主たる成分とし、Pt、Pd、Si、Fe、V、Ru、P、Bのいずれかが少なくとも1種の元素を1原子%以上、30原子%以下添加した合金下地膜を、膜厚5nm以上、500nm以下で形成した場合でも同様に認められた。

【0055】〔実施例4〕外径48mm、内径12mm、厚さ0.3mmのSi-C基板表面を、ラッピングマシンを用いて中心線平均粗さ $R_a$ が0.3nmとなるまで平滑に研磨し、洗浄及び乾燥した。このディスク基板をスパッタリング装置内で、真空槽体積当りの水蒸気の排気速度500l/s以上の排気ポンプを用いて真空保持し、基板温度を100℃~400℃の範囲で加熱した後、1mTorrのXe圧のもとで下地膜としてNi-Bを50nm形成し、次いでCo-Ni-Pt-Ta磁性膜を10nm形成した。この時、磁性膜中のPt及びTaの濃度を1原子%以上、30原子%以下、磁性膜膜厚を1nm以上、40nm以下の範囲で変化させることにより、残留磁束密度膜厚積 $Br\delta$ の値を1G $\mu$ m以上、200G $\mu$ m以下の範囲で変化せしめた。

【0056】図6に $Br\delta$ と保磁力 $H_c$ の関係を示す。 $Br\delta$ が5G $\mu$ m以上、80G $\mu$ m未満の時に $H_c$ は10000e以上、35000e以下となった。また、ヘッド浮上量0.02 $\mu$ m、線記録密度250kPBIにおける記録再生 $S/N$ は、 $Br\delta$ が5G $\mu$ m以上、80G $\mu$ m未満の時に1以上となり、さらに $Br\delta$ が5G $\mu$



m以上、30G $\mu$ m以下の時には媒体ノイズが著しく低下してS/Nは1.2以上となった。さらに、成膜時の直流バイアス電圧を-10V~-500Vの範囲で制御することにより、下地膜及び磁性膜中のXe濃度を制御した結果、Xe濃度が0.01原子%以上、5原子%以下の時にHkの値は10kOe以上、20kOe以下となり、S/Nは1.5以上とさらに良好な特性を示した。

【0057】〔実施例5〕外径65mm、内径20mm、厚さ0.3mmのTiO<sub>2</sub>基板表面を、ラッピングマシンを用いて中心線平均粗さRaが0.3nmとなるまで平滑に研磨し、洗浄及び乾燥した。その後、テープポリッシングマシンを用い、平均砥粒径1 $\mu$ m以下のダイヤモンド研磨剤の存在下で、研磨テープをコンタクトロールを通してディスク基板を回転させながらディスク面の両側に押しつけることにより、基板表面に深さや密度が不規則なテクスチャー溝を形成した。さらに、基板に付着した研磨剤等の汚れを洗浄して乾燥した。半径方向に測定した基板表面の溝の中心線平均粗さRaは0.7nm、ヘッド走行方向と略垂直方向の距離1 $\mu$ mにおける、深さ1nm以上、50nm以下の溝の平均密度は100本であった。

【0058】このディスク基板をスパッタリング装置内で、真空槽体積当りの水蒸気の排気速度500l/s以上の排気ポンプを用いて真空保持し、基板温度を100℃から400℃の範囲で加熱した後、0.1mTorrから5mTorrの範囲のKr圧のもとで第1層下地膜としてRuを10nm形成し、次いで第2層下地膜としてCr-5Si合金を膜厚10nm形成した。この複合下地膜上に膜厚5nmのCo-Cr-Ta磁性膜を形成した。この時のBr $\delta$ の値は20G $\mu$ mであった。成膜時の基板温度、Kr分圧を制御することにより、磁性膜結晶中の面心立方格子型の結晶格子の密度を制御した。この時のHcは1000Oe以上、3500Oe以下であった。

【0059】図7に面心立方格子型の結晶格子密度と、Hk、及びヘッド浮上量0.02 $\mu$ m、線記録密度250kPBIにおける記録再生S/Nの値の関係を示す。成膜時の基板温度を向上し、Kr分圧を低下するに従い面心立方格子型の結晶格子密度が減少し、面心立方格子型の結晶格子密度が0.01%以上、5%以下において、Hkの値は7kOe以上、20kOe以下となり、S/Nは1以上と良好な特性を示した。さらに、成膜時の直流バイアス電圧を-10Vから-500Vの範囲で制御することにより、下地膜及び磁性膜中のKr濃度を制御した結果、Kr濃度が0.01原子%以上、5原子%以下の時にHkの値は10kOe以上、20kOe以下となり、S/Nは1.2以上とさらに良好な特性を示した。

【0060】本実施例の方法により形成された磁気記録

媒体をX線回折分析した結果、Cr-Si下地層では体心立方構造の(110)結晶格子面が基板面と略並行となるよう結晶が配向成長していることが確認された。また、磁性層では六方晶構造の(100)面がディスク基板表面と略並行となるよう配向していた。また、保護膜表面の中心線平均粗さRaは1.0nm、磁性膜表面の中心線平均粗さRaは0.9nmであった。

【0061】本実施例の媒体を用いて、浮上量0.02 $\mu$ mにおいてGMRヘッドを媒体内周から外周まで10万回シークした結果、ヘッドと媒体の接触は起こらないことが確認された。本効果は第1層下地膜としてZr、Si、Sc、Al、C、Ge、Sb、Ga、Ru、Pd、V、Nb、Ta、Hf、Rh、Ni-P、Ni-Bもしくはこれらを主たる成分とするZr-Ta、Si-C、Sc-V、Al-Mg、V-Fe、Nb-Cr、Ta-Cr、Hf-Zr、Ta-Mo等の合金を用いた場合でも同様に認められた。

【0062】〔実施例6〕実施例1~5に示した媒体と同等の特性を有する磁気記録媒体4枚を使用し、Co-Ni-FeもしくはCo-Ta-Zr合金を記録用磁極材とし、再生部にGMR素子を有する複合型薄膜磁気ヘッド7個と、サーボ用のNi-Fe合金を記録再生用磁極とする薄膜ヘッドとを組み合わせた磁気記録装置を試作した。本装置は、平面図8(a)及びA-A'断面図8(b)に示すように、磁気記録媒体81、磁気記録媒体駆動部82、磁気ヘッド83、磁気ヘッド駆動部84、記録再生信号処理系85などの部品から構成される。

【0063】この磁気記録装置を使用し、スペーシング0.03 $\mu$ mにおいてエラーが発生するまでの平均時間を求めたところ従来装置に比較して2~3倍になり、信頼性が極めて高いことを実証できた。また、本実施例で試作した磁気記録装置はヘッド浮上量が低いため、信号の記録再生における位相マージンが広くなり、面記録密度を比較例の媒体を用いた浮上量0.12 $\mu$ mの場合の10倍に高めることができ、小形で大容量の磁気記録装置を提供できた。

【0064】本装置を用いてトラック幅が2 $\mu$ m以下のGMRヘッドで再生した場合に200kPBI以上の高い記録密度においてS/Nが1以上、さらに、オーバーライト(O/W)特性が26dB以上の大容量磁気記録装置が得られた。特に、10kTPI以上の高記録密度時にも本実施例の媒体はトラック幅方向の書きにじみが充分に行われるため、高いS/Nが得られた。また、基板表面のテクスチャー形状が小さいためサーボ信号の品位も高く、良好なヘッド位置決めができた。サーボ用ヘッドを複合ヘッドとした場合にも同様の効果が得られた。

【0065】本実施例では、Co-Ni-FeもしくはCo-Ta-Zr合金を磁極材とする薄膜磁気ヘッドを用い

た場合について説明したが、NiFe、Fe-Al合金磁性膜、もしくはこれらを用いた多層磁性膜等を記録用磁極材とする録再分離型薄膜磁気ヘッド、CoTaZr、FeAlSi合金等をギャップ部に設けたメタル・イン・ギャップ型(MIG)録再分離複合磁気ヘッド、さらには誘導型薄膜ヘッド又はMIGヘッドを用いた場合にも同様の効果が得られることを確認した。

#### 【0066】

【発明の効果】本発明によれば、再生感度の高いGMRヘッドに適応した高S/Nで、しかもGMRヘッドが浮上量0.1 $\mu$ m以下で浮上可能な磁気記録媒体、及びその製造方法、さらにこれを用いた小形で大容量の磁気記録装置を提供できる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係る薄膜型磁気記録媒体の断面構造図。

【図2】本発明の一実施例の薄膜型磁気記録媒体の断面構造図。

【図3】本発明の一実施例の薄膜型磁気記録媒体の異方性磁界H<sub>k</sub>と、記録再生時のS/Nとの関係を示す図。

【図4】本発明の一実施例の薄膜型磁気記録媒体の磁性

膜結晶の粒界の幅と、保磁力H<sub>c</sub>、及び記録再生時のS/Nとの関係を示す図。

【図5】本発明の一実施例の薄膜型磁気記録媒体の磁性膜の格子定数比c/aと、異方性磁界H<sub>k</sub>、及び記録再生時のS/Nとの関係を示す図。

【図6】本発明の一実施例の薄膜型磁気記録媒体の残留磁束密度膜厚積Br $\delta$ と保磁力H<sub>c</sub>との関係を示す図。

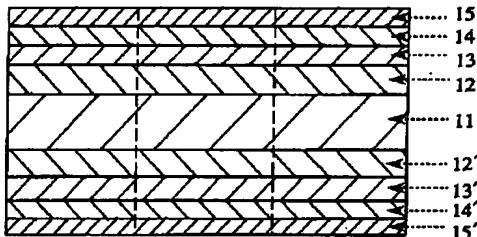
【図7】本発明の一実施例の薄膜型磁気記録媒体の磁性膜結晶中の面心立方格子型の結晶格子の密度と、異方性磁界H<sub>k</sub>、及び記録再生時のS/Nとの関係を示す図。

【図8】本発明の一実施例の磁気記録装置の断面構造図。

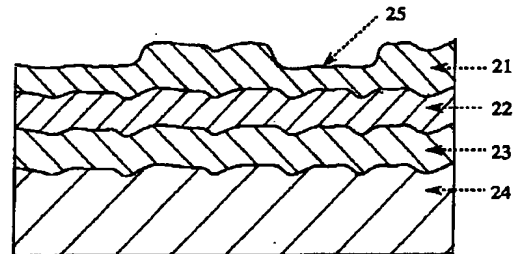
#### 【符号の説明】

11…磁気ディスク基板、12、12'…非磁性メッキ層、13、13'…金属下地膜、14、14'…金属磁性膜、15、15'…非磁性保護膜、21…非磁性保護膜、22…金属磁性膜、23…非磁性下地膜、24…磁気ディスク基板、25…保護膜エッチング部、81…磁気記録媒体、82…磁気記録媒体駆動部、83…磁気ヘッド、84…磁気ヘッド駆動部、85…記録再生信号処理系

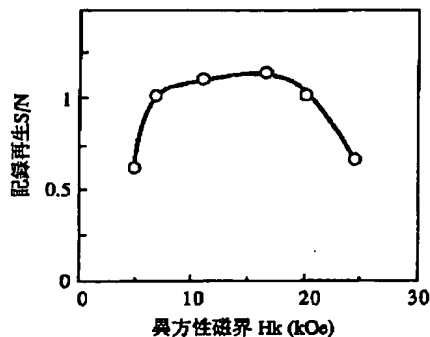
【図1】



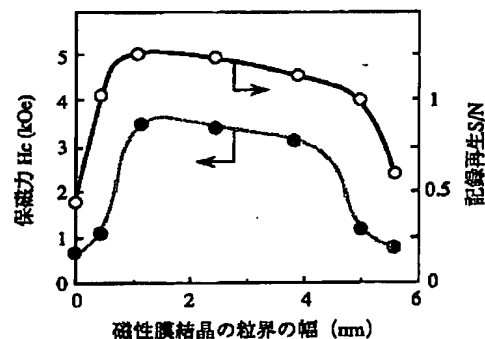
【図2】



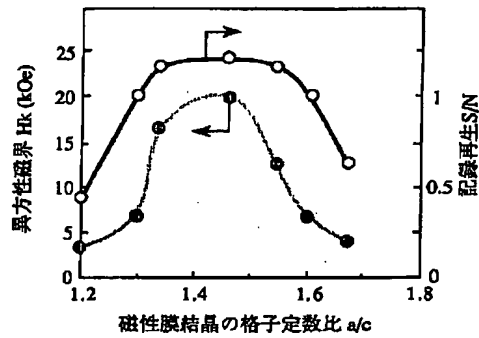
【図3】



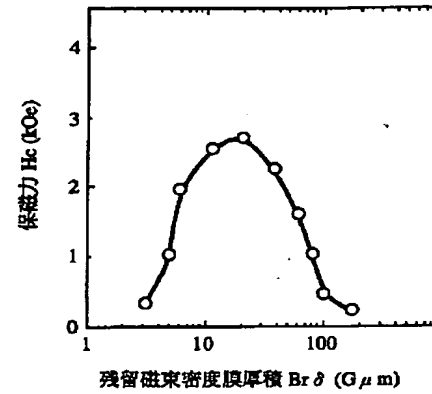
【図4】



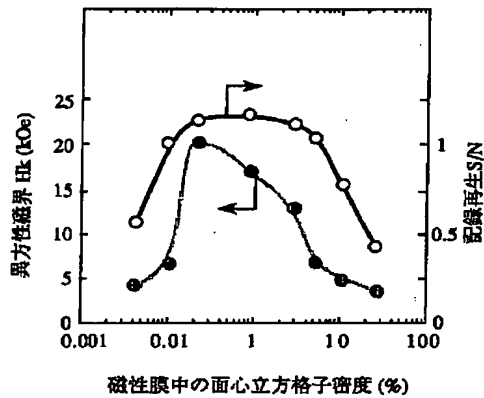
【図5】



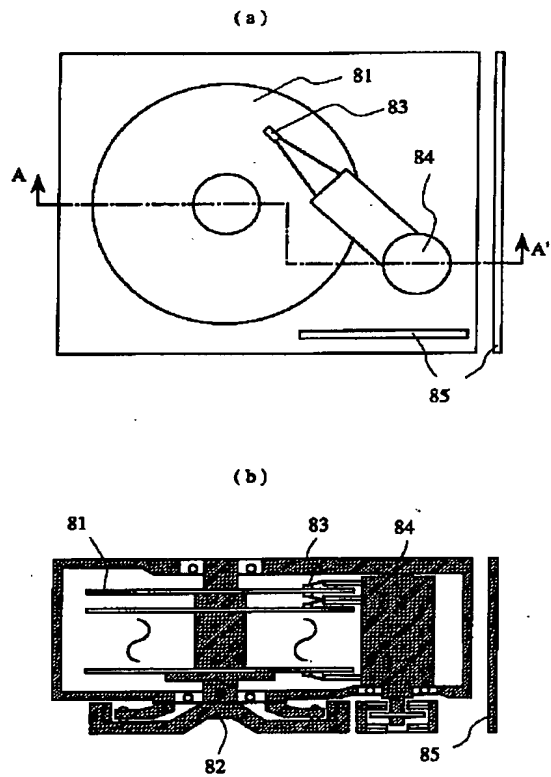
【図6】



【図7】



【図8】



フロントページの続き

(72)発明者 屋久 四男

東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地  
株式会社日立製作所中央研究所内

(72)発明者 山本 朋生

東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地  
株式会社日立製作所中央研究所内

(72) 発明者 五十嵐 万壽和  
東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地  
株式会社日立製作所中央研究所内

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 07-073433

(43)Date of publication of application : 17.03.1995

(51)Int.Cl. G11B 5/66

G11B 5/02

G11B 5/39

G11B 5/85

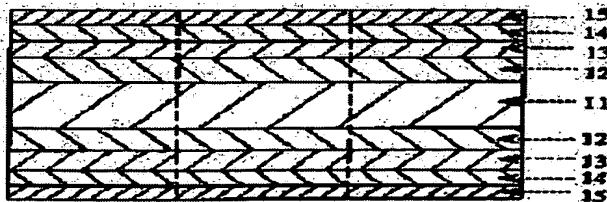
(21)Application number : 05-221227 (71)Applicant : HITACHI LTD

(22)Date of filing : 06.09.1993 (72)Inventor : ISHIKAWA AKIRA  
SHIROISHI  
YOSHIHIRO  
HOSOE YUZURU  
YAKU SHINAN  
YAMAMOTO TOMOO  
IGARASHI  
KAZUSUKATSU

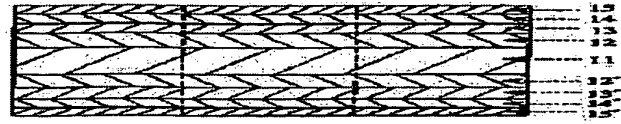
## (54) MAGNETIC RECORDING MEDIUM, ITS PRODUCTION AND MAGNETIC RECORDER

### (57)Abstract:

**PURPOSE:** To provide a magnetic recording medium, its producing method, and a magnetic recorder where low floating of a head and high-density recording are possible.  
**CONSTITUTION:** With respect to the magnetic recording medium which is provided with at least a nonmagnetic disk substrate 11 and a magnetic film 14 formed on the nonmagnetic disk



substrate 11 directly or with a foundation film 13 of at least one layer between them, the value of a product  $B_r \delta$  between a residual magnetic flux density  $B_r$  of the magnetic film 14 measured in the head running direction and an overall



film thickness  $\delta$  of the magnetic film is set to  $5\text{G}\mu\text{m}$  to  $<80\text{G}\mu\text{m}$ . Further, the value of an anisotropic magnetic field  $H_k$  is set to  $7\text{kOe}$  to  $20\text{kOe}$ .

## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 16.08.1999

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3359706

[Date of registration] 11.10.2002

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office